穀物加工廠控制與感測技術之介紹

Introduction to the technology of control and sensor in rice processing plants

周 瑞 仁
臺灣大學農機系

中 文 摘 要

自動化加工廠和傳統舊式加工廠最大的不同在於不必親臨各項加工設備現場操作監督，只須坐鎮監控中心即可了解全廠動態，而且監控中心的控制器可按事先設定的加工程序自動完成任務，因此自動化工廠的整體運作完全在於監控中心的掌握之中。

稻穀加工流程主要包括過磅、測量含水率、米質檢定、乾燥、礱穀、精米、包裝等程序，其中乾燥、礱穀與精米過程還包括有集塵與集殼之作業，而稻穀在任何階段之處理，如有必要可以先行儲藏起來，日後再作後續處理。監控中心之所以能夠完成這些程序的監視與控制雙重任務，主要是在這些設備上裝置適當的感測器，而這些感測器將訊號傳回監控中心的可程式控制器，並將其狀態顯示在監控電腦或監控面板上，同時做邏輯判斷與算術運算，以決定輸出訊號之狀

態或數值，完成監控之目的。

不同的自動化系統本身的差異性很大，不過基本的設計原則卻是一致的，爲了因應未來系統擴充或變動的需求，設計時應力求彈性化、可程式化和模組化；爲了整合不同廠牌的各式設備儀器，相容性是最基本的要求，而要能夠相容就必需要介面、訊號標準化，因此標準的制定對自動化未來的發展是非常重要的工作；自動化工廠的投資金額相當龐大，動輒上億，而且現場人員很少，若有意外發生，不易引起注意，往往造成不可彌補的損失，所以自動安全防護系統的設置極爲必要；另外完整的維護與操作手冊更是不可或缺的。因爲農業自動化與工業自動化系統的特質不盡相同，設計農業自動化系統需將農業環境及生物特性一併考慮在內，才能達到預期的效果。

就目前台灣社會發展的情況來看，農業自動化的推動是必然的趨勢，如何結合現有的人力、物力和財力，妥善的規畫基礎與應用研究，使農業自動化落實生根，爲當務之急。

英文摘要

An operator in a control room is able to surpervise the operations of an entire plant without going to shop floors. This is the main difference between automatic processing plants and conventional plants. A controller in the control room accomplishes the task preset according to processing procedures. Therefore all the activities of the automatic processing plant are in the charge of the control room.

The post-harvest processes of rice include mainly weighing, moisture content measuring, quality testing, drying,

husking, polishing and packing, etc. Among them, the collection of dust and husk is required in the processes of drying, husking and polishing. Also, rice might be stored for a period of time in any stage of processes if necessary, and then be processed subsequently. To achieve the purpose of both monitoring and control, a programmable logic controller (PLC) in the control room decides the signal output based on the logic and arithmetic operations of input signals from the sensors implemented in process equipments.

Different automatic systems vary in their functions. However the basic principles for their design are similar. To be expandable or modified in the future, it is necessary to be fexible, programmable and modular in design; compatibility is the basic requirements for integrating all equipments with different types or brands together. In order to be compatible, signals and interfaces must be standardized. Therefore the establishment of standard is an important work for agricultural automation. An automatic plant is usually costly. With very few operators in the shop floor, it will cause enormous loss if any accident happens. Therefore Automatic Safety Systems are essential. Complete maintenance and operation manuals are very important for the instruction of operation, maintenance and repair. The essence of agricultural automation is different from industrial automation. To achieve expected results, both agricultural environments and biological properties should be taken into consideration in the stage of designing and planning.

As far as the current development of the society in Taiwan is concerned, it is inevitable to promote the agricultural automation. The most important thing for consolidating the agricultural automation is to integrate available manpowers, facilities and finance for mapping out both basic and applied researches.

一、前　　言

近年來由於農村勞力不足並有逐漸老化的趨勢，於是政府自民國七十九年起大力推動農業自動化，以解決勞力短缺的問題，同時藉以達到農業升級之目標。台灣每年生產水稻200萬公噸左右，除部份稻榖外銷之外，其餘均在國內自行加工儲藏，因此談到農業自動化，稻榖收購管理與加工自動化成爲首要重點。

二、稻榖加工之作業程序

稻榖自收購、乾燥以至於精米包裝完成，通常需要經過如圖一及圖二所示之流程：過磅、測量含水率、米質檢定、乾燥、礱榖、精米、包裝等程序，其中乾燥、礱榖與精米過程還包括有集塵與集殼之作業，而稻榖在任何階段之處理，如有必要可以先行儲藏起來，日後再作後續處理〔1〕。

三、稻榖加工自動化系統之架構

稻榖加工自動化系統如圖三所示可簡單分爲兩區，即稻榖收購區及稻榖加工區。

稻榖收購區內之管理系統如圖四可以根據農民代號或姓名，從資料庫裡叫出農民基本資料與收購相關資料，再加上數位磅秤與含水率測定計傳來的重量和含水率之資料，自動計算出農民繳榖所得，扣除加工處理費用後，經由農會信用部將應付款項存入農民存款帳戶，並可產生交易憑單或稻榖檢驗報告。同時藉由電腦處理，可作統計分析並列印報表以供決策和管理之參考。

稻榖加工區內之可程式控制器收集來自各個感測器之訊號，並將狀態顯示在監控電腦上，同時做邏輯判斷與算術運算，以決定輸出訊

號之狀態或數值，完成監視與控制雙重目的。隨著國民生活水準的提高，食品的口味逐漸受到重視，因此米質分級也漸形重要，樣品乾燥機與全自動檢定裝置為建立米質分級之工具，由其鑑定之結果直接輸入收購管理電腦，作為計價之依據。

四、稻穀加工自動化系統

稻穀加工自動化系統和傳統加工廠最大的不同在於不必親臨各項加工設備現場操作，只要待在監控中心即可了解全廠動態，按照事先設定的加工程序自動完成任務，因此自動化系統的整體運作完全在於監控中心的掌握之中。監控中心主要是由可程式控制器、監控電腦或監控面板所構成，由硬體組成的監控面板彈性較差，為了因應未來流程可能的變動，逐漸有被圖控軟體取代的趨勢，藉著執行已經設計好的圖控軟體，可以了解加工自動化的流程、運轉情形及警報位置如圖五，進而作適當的處置，避免重大災害發生，此外並提供目前系統內部資料庫的現況，可以做整體查看，如有必要可對某些點作細部修改，同時也可將系統狀況繪成趨勢圖，作為檢討改進之用。不管是監控電腦上圖控畫頁或是監控面板上的狀態多有賴可程式控制器收集來自各個感測器之訊號，將其狀態顯示，同時做邏輯判斷與算術運算，以決定輸出訊號之狀態或數值，完成監視與控制雙重目的。

自動化系統的設計是一項整合性的工程，牽涉的層面很廣，其中任一環節的不當設計，都會影響整個系統的性能與操作成本。根據研究報告指出設計規劃的成本雖只佔總成本的 5%，但設計階段所作的任何決策卻可能影響到日後施工與運作的70%以上之成本，此一觀念，主要強調系統在設計規劃的階段，必需把所有應該考慮的因素，多方詳加考慮與評估，才作最後的定奪，千萬不要抱著走一步算一步的心態，以下僅將設計自動化工廠需要考量的因素列舉出來：

1.可用土地之格局與大小

可用土地之格局與大小會影響設備的擺置方式與流程。土地若過於零散，設備無法集中，物料的傳輸距離與時間相對的提高，除了操作成本增加之外，物料破損的機會也會提高，並可能影響整個流程的順暢；至於建廠的土地則應大小適中，太大是種浪費，太小則需往高處發展，整個結構必需補強，保養維護也較困難。

2.作業程序與功能

自動化最重要的目的是能夠按特定的作業程序”自動”達到預期的功能。因此在招標施工之前工程部門與業者必需充分溝通，對於程序與功能達成共識，並行之文字，以免日後發生爭執糾纏不清。

3.自動化的程度

自動化的程度愈高所需投資的經費也愈多，如何決定自動化的程度以達到最佳的經濟效益，事前必須作詳細的評估，從經濟的觀點來看，或許比較能接受80％的自動化，而不至於花上數十倍的經費去追求剩下的20％，當然自動化的程度和勞力供需，勞資高低與產品的附加價值有很大的關係。

4.經費

經費的多寡直接影響到自動化的程度、系統功能與品質。萬金難求，應選擇技術成熟，風險最小且效益最大的部門逐步進行。

5.系統架構

系統架構是設計整個自動化工廠依循的指南，架構一經確立，更動起來可謂牽一髮而動全身，因此架構的決定，不旦應該考慮目前的需求，同時也應該注意未來的發展。

6.欲監控之訊號點數、種類與額定值

設計規畫時必需考慮欲監視和控制點之性質、總點數與額定值，然後才能決定控制器的能量大小，與將來擴充的可能性。

7.複雜度(維護與操作之難易)

就操作與維修的立場來看，愈簡單愈好，尤其對於農業自動化系統更是如此，過度複雜的系統，操作員及技術員的層次勢必得提高，相對的付出的薪資也必需要高才行，徒然造成額外的開銷。

8.系統或元件之修護性(MTTR)

自動化工廠投資金額龐大，一旦發生故障，停機時間愈久，損失愈大，因此故障時，必須極力爭取修護時機，當然更重要的是系統設計之初，應盡量以能夠縮短修理時間的設計爲著眼。

9.系統或元件之可靠性(MTBF;MTTF)

自動化工廠是整體性的系統，其中少數元件或小部分系統故障，往往造成整個系統停擺，因此施工時所採用之元件或次系統必須注意其可靠度。對可修護產品，平均故障間隔(MEAN TIME BETWEEN FAILURES，MTBF)常用來作爲元件或次系統可靠度的指標；而平均故障壽命(MEAN TIME TO FAILURES，MTTF) 則常用來作爲不可修護產品可靠度的指標，採購時可當參考。

10.經濟效益

生產事業必須能夠賺錢才行，虧本生意維持不久，因此經濟效益的考量應列爲重點。

11.安全防護：

自動化工廠的投資金額相當龐大，動輒上億，而且現場人員很少，若有意外發生，不易引起注意，所以自動安全防護系統的設置極爲必要。

不同的自動化系統本身的差異性很大，不過基本的設計原則卻是一致的，如：為了因應未來系統擴充或變動的需求，應力求彈性化、可程式化和模組化；為了整合不同廠牌的各式設備儀器，相容性是最基本的要求，而要能夠相容就必需要介面、訊號標準化，因此標準化是未來非常重要的趨勢；另外完整的維護與操作手冊更是不可或缺。特將一般自動化系統設計的原則條列如下作為參考：

1.彈　性(Flexible)：

為了可供日後擴充或修改，系統應以彈性設計為原則。而彈性系統之設計牽涉到系統或元件可程式化、模組化以及標準化的程度。

2.可程式性(Programmable)：

過去自動化工廠的發展主要目的用在量產上，隨著人們生活水準的提高，對產品的品味及要求也日漸增加，因此產品不但傾向多樣化，而且在市場上的生命期也漸漸縮短，以往固定生產線的型式已不再適用，代之而起的是彈性自動化的設計。就彈性系統的設計，一般而言軟體要比硬體來得有彈性，這就是軟體的可程式性高的緣固。目前自動化工廠多採用電腦或可程式控制器的控制方式，主要著眼於它們的可程式性。

3.模組化(Modular)：

為了可供日後擴充或拆裝任何單元之方便以及維修速度的考量，元件之設計與製造應具模組化。

4.標準化(Standaredized)：

介面、訊號標準化是彈性與模組化的基本要求，系統與系統之間為了能夠彼此連接，不同品牌型號元件彼此換用，物理上外觀尺寸與型式必需要相符；傳遞的內容，即訊號，也必需要相同

才能夠彼此互相溝通。

5.準確性(Accurate)：

系統能夠依照設定值準確的運轉，才能達到預期的品質。例如乾燥機上穀物含水率測定計的準確與否關係著乾燥速率與時間是否恰當；礱穀機滾輪之間隙關係著礱穀的品質。

6.穩定性(Stable)：

唯有穩定的系統才能確保穩定的產品品質，在台灣高濕又高溫的氣候下，加上穀物加工廠內充斥著粉塵、噪音、振動的工作環境，爲了保証系統的穩定，所有儀控設備須能耐高溫、潮濕、粉塵、噪音和振動等，尤其是在操作現場之設備元件更應具備這些特性。一般現場之電子設備須設置保護箱，以防潮濕及粉塵。而控制室須提供足夠的空氣調節設備，並保持正壓，以避免不潔氣體進入。

7.容錯性(Fault Tolerant)：

對於重要部份之控制除了至由主控制器控制之外，在經費許可下，如能有備份控制器備用，萬一主控制器發生故障，可以自動切換到備份控制器，由備份控制器可以取而代之，或是由一套以上功能相同之軟體程式做雙重查核，避免異常狀況發生當機或失去控制的機率。一般而言，電源必須具有備份，而

8.親和性(Friendly)：

軟體首要簡便、易學易懂，且須提供每種操作之簡易說明以及參數之意義，對固定值參數須有選擇性輸入的功能，而所有實用之參數必須有預設值(Default value)，不須由使用者輸入。

9.安全性(Safe)：

爲了預防重要的加工設備損壞與危險發生，必須有安全偵測

設施與連鎖裝置的設計(Interlocking)，工廠加工設備之操作變數大於或小於設定值時，控制室將發出警報，並顯示警報的出處與原因，必要時得自動停機。凡屬危險機械設備類者或法規規定須持有使用執照者，必須依程序申請使用執照。對於系統之操作須有鑰匙鎖定(Key lock)與密碼(Password)雙重保護，以防止人爲蓄意破壞。

10.經濟性(Cost Effective)

依經濟效益決定自動化的程度，並能提供具體的分析數據，明列在招標技術規範上，如：操作人員以控制室一人，現場一人之設計；每日平均產能及單位能源消耗量。設計時應朝能源有效利用與回收之方向設計。

11.文件化(Documentary)

需提供中文版操作、維護及保養手冊，並能提供完善的操作、維修及規畫之訓練。

近年來在自動化系統當中，應用頗多的可程式控制器(PLC)，即根據上列原則設計出來的產品，其與傳統繼電器及計算機之比較如表 1和表 2。

農業自動化與工業自動化系統的特質不盡相同，設計農業自動化系統應將農業環境及生物特性一併考慮在內，才能達到預期的效果，舉例來說：由於收穫期(在同一地區)及濕穀的保藏期甚短，爲了處理短期內湧入的大量濕穀，以延長保藏期，使其不易腐壞，必需盡速與予乾燥，因此乾燥機的台數需配合收穫的總稻穀量來規劃和設計，惟過了收穫期之後，乾燥機往往就閒置在那裡，所以一般而言乾燥系統的使用率要比礱穀、精米與包裝系統來得短。爲了解決這方面的問題，可以考慮先將收穫後的濕穀一次乾燥到18%～20%左右，延長保藏期

到相當程度，置於儲存設備內，等一次乾燥全部完成之後，再做二次乾燥，將含水率降到約15%～13%左右。如此一來，不但可以減少乾燥設備的投資，提高乾燥系統的使用率〔4〕，而且可以提升米質。

爲了落實稻穀加工自動化，特選定大甲鎮、後龍鎮與新營市三處農會，實地規劃、設計並建立完成稻穀加工自動化系統，大甲鎮及後龍鎮農會之工廠爲一傳統機械式工廠，自動化系統之建立，主要工作在於單機控制系統之改裝，訊號輸入、輸出、連線與監控之整體規劃、設計和施工以及軟體之撰寫。新營市農會之稻穀處理工廠從規劃、設計以至於施工均以建立一新式自動化工廠爲目標，在機具選擇與流程規劃上以能達到自動化系統設計爲原則。

台大農機系爲了協助農會人員瞭解稻穀處理自動化系統之概念，提供現場操作人員技術訓練，並測試即將安裝在農會現場之系統元件，以確保工程品質，特別設置一套〝稻穀處理自動化模擬與測試系統〞。

五、決標與驗收的注意事項

以目前國內較具規模之自動化公司的自動化技術，來設計一套高效率高品質的穀物加工自動化系統，理論上不成問題，問題往往在於溝通不良，認知上有差異等人爲因素所造成。以一位農業背景的從業人員來參與農業自動化系統的設計與規劃，除了必需注意上述提到的因素之外，在最後招標驗收階段往往是決定系統好壞的關鍵，對此提出幾點招標時必須明列之項目供作參考：

1.描述工程的範圍、功能、加工流程。

2.提出工程設計詳細之計畫書。

3.分項明列設備、元件、材料及其廠牌型號。

4.列出主要工程進度表。

5.保證項目、期限與賠償條件。

6.完工後系統所需操作人員之數量及其工作性質(職責)。

7.人員之訓練及操作維修手冊。

8.填寫審標項目核對表(如附表)。

把所有權責行諸文字，可以減少將來的爭執與糾紛。

六、結　　論

一套成功的自動化系統，在於周密的規劃與設計，以及嚴格的施工品質管制。完善的稻穀收購管理暨加工自動化系統，不但可以解決昂貴的工資與勞力不足的問題，同時可以提供一個較為舒適而安全的工作環境，以吸引年青朋友投入農業產業，共同為農業升級而努力。

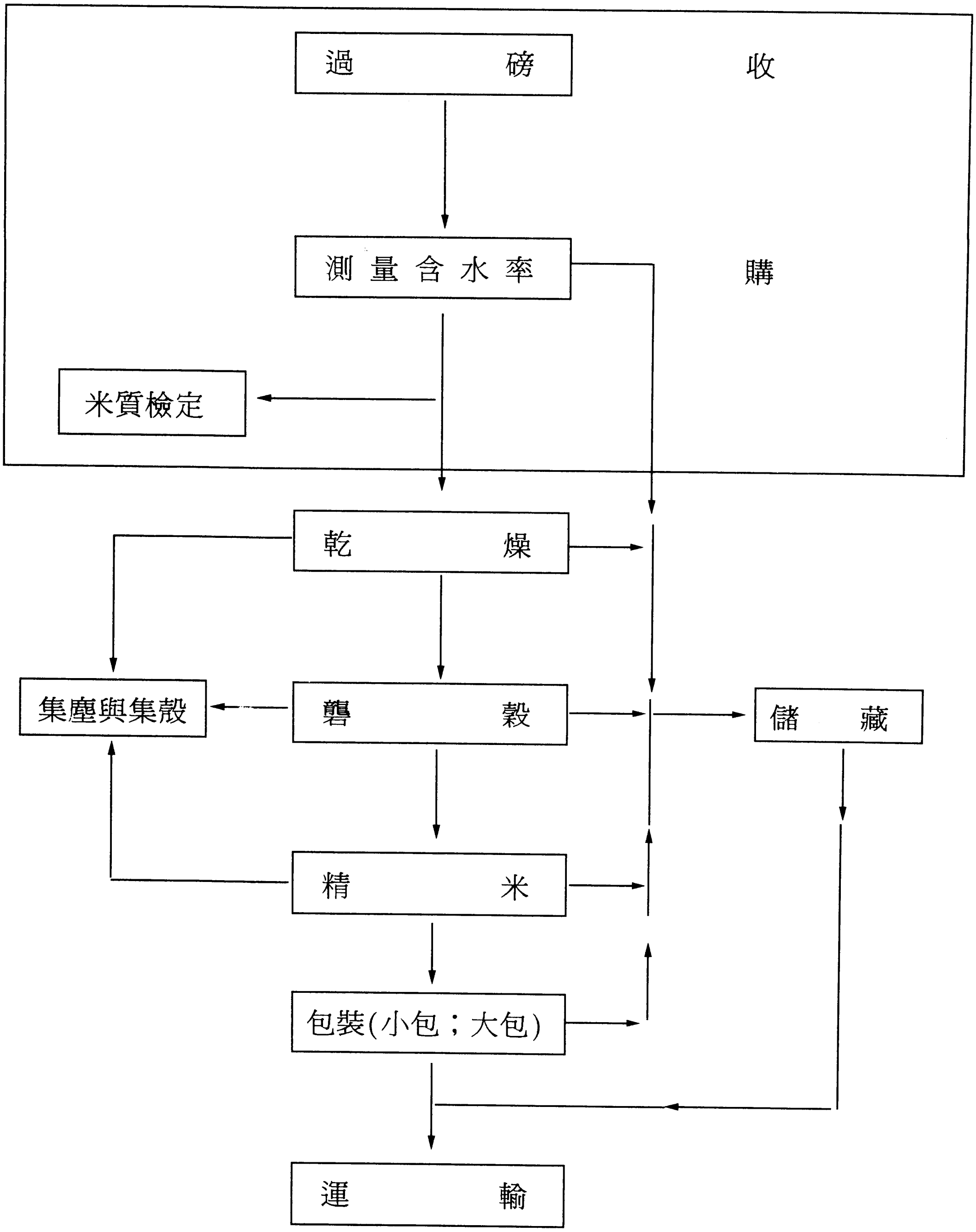
七、參考資料

1.”稻米加工自動化技術研討會講義”，農委會降低稻米製銷成本技術服務團、國立臺灣大學農業機械工程學系暨研究所與財團法人農業機械化研究發展中心編印，民國八十一年六月二十五日。

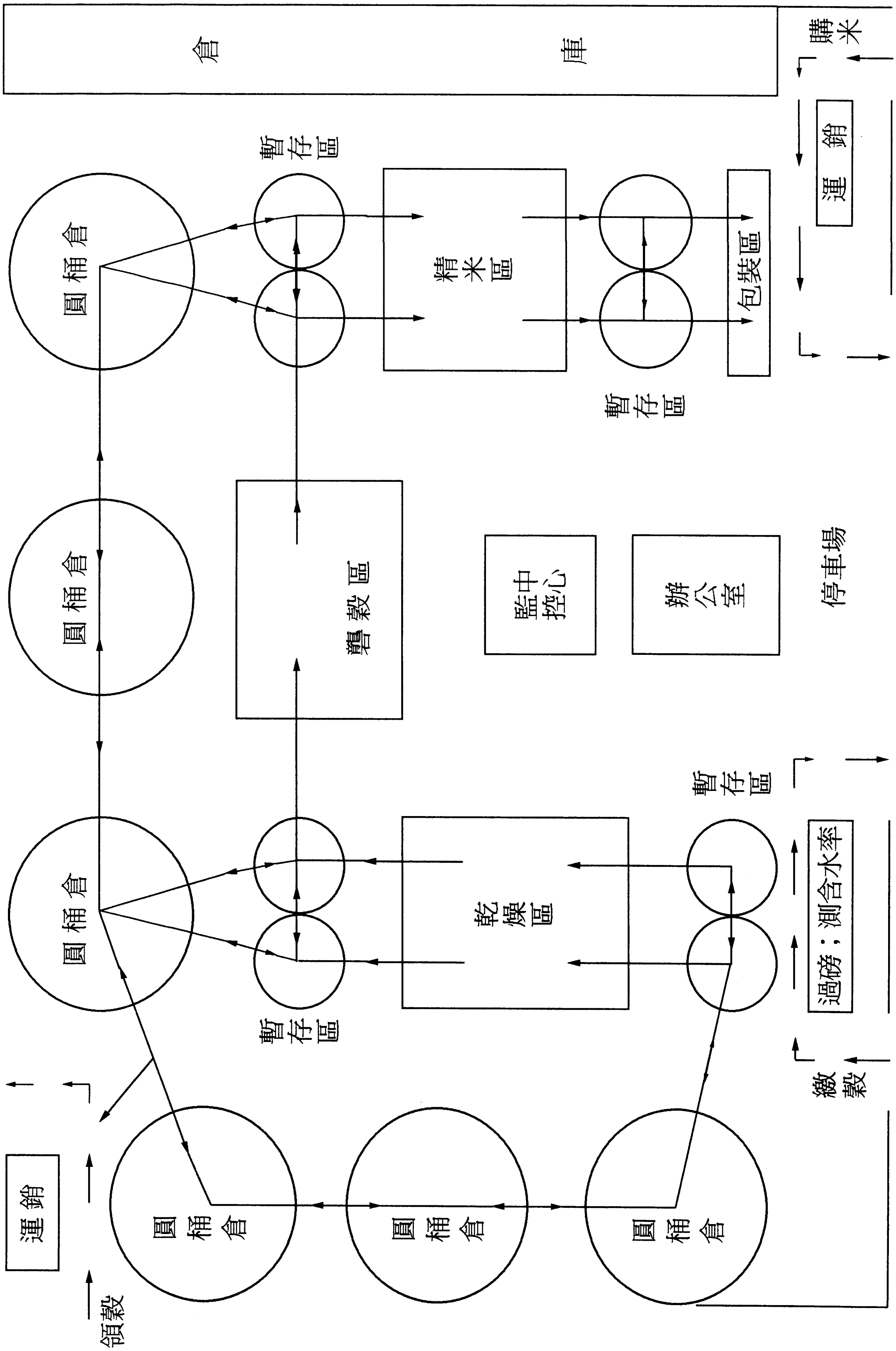
2.”臺灣大學農機系稻米收購與加工自動化作業交易與管理報表系統暨圖控操作手冊”，國立臺灣大學農業機械工程學系暨研究所，民國八十年一月二十二日。

3.”臺灣大學農機系稻米收購與加工自動化作業交易與管理報表系統暨圖控維護手冊”，國立臺灣大學農業機械工程學系暨研究所，民國八十年一月二十二日。

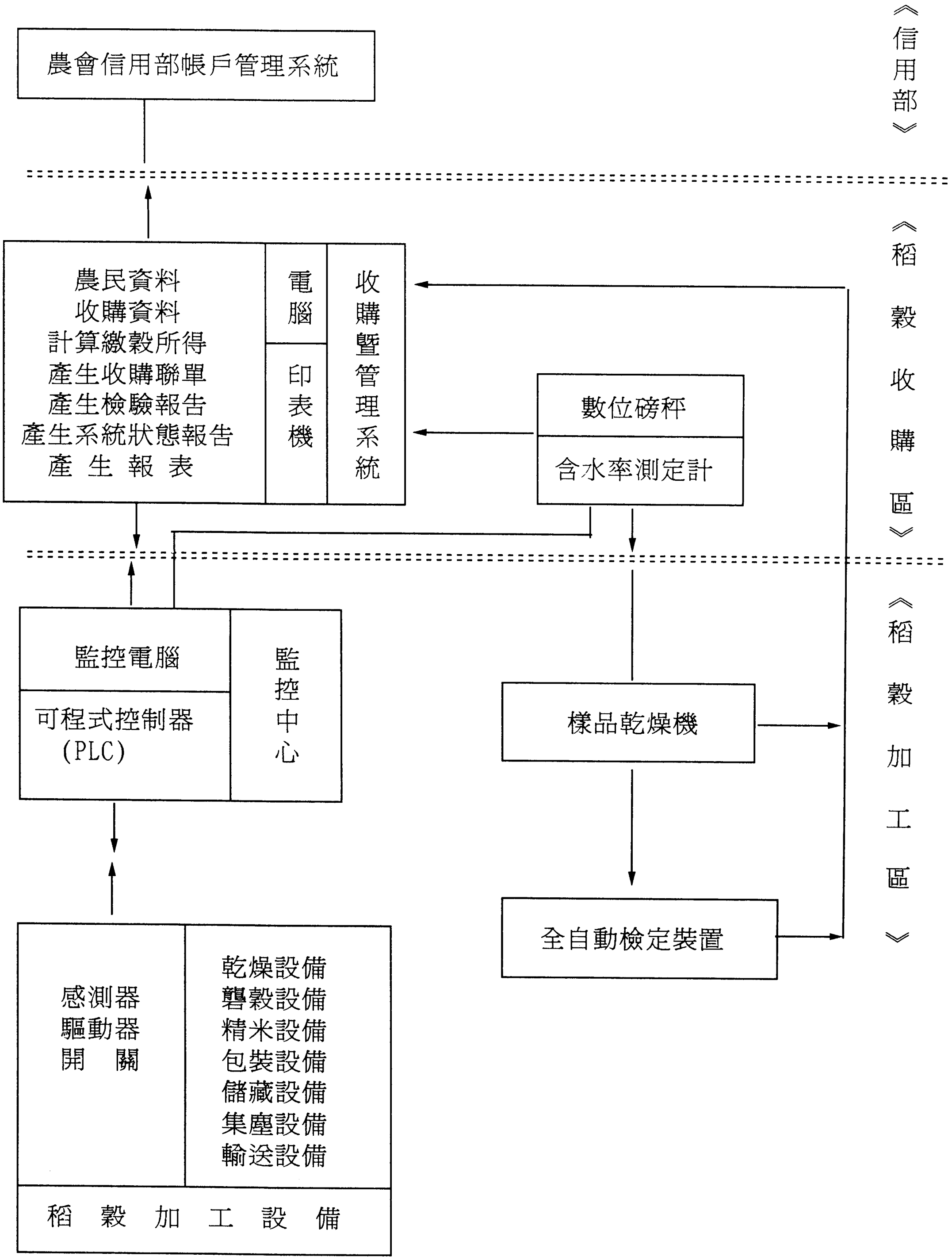
4.周瑞仁，”穀物收穫後處理電腦整合系統之動態模擬”，國科會研究計畫 NCS 81-04422-E-002-07 報告。



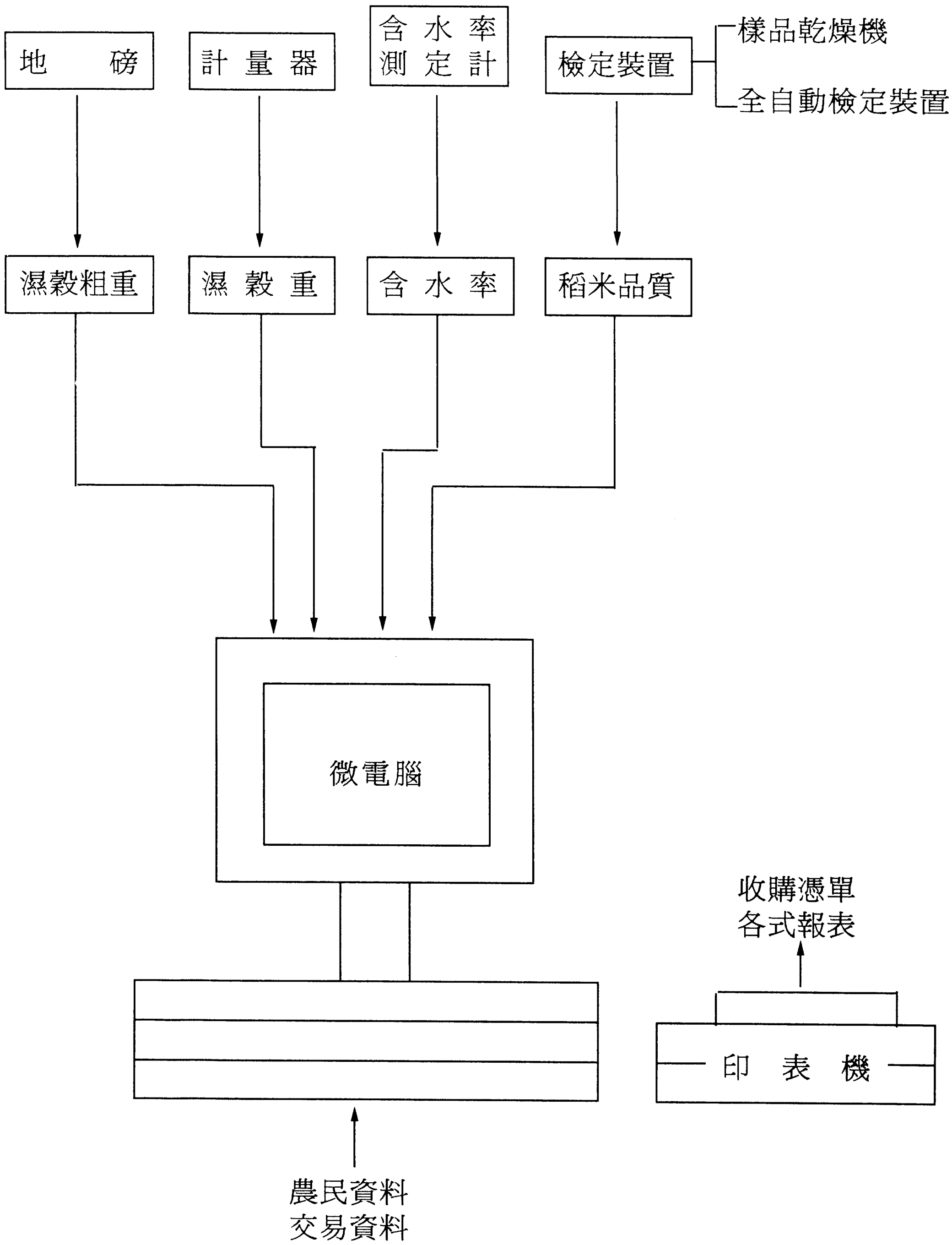
圖一：稻穀加工作業之程序


倉庫
購米
運銷
暫存區
圓桶倉
精米區
包裝區
暫存區
圓桶倉
礱穀區
監控中心
辦公室
停車場
暫存區
圓桶倉
乾燥區
過磅；測含水率
暫存區
繳穀
運銷
圓桶倉
圓桶倉
圓桶倉
領穀

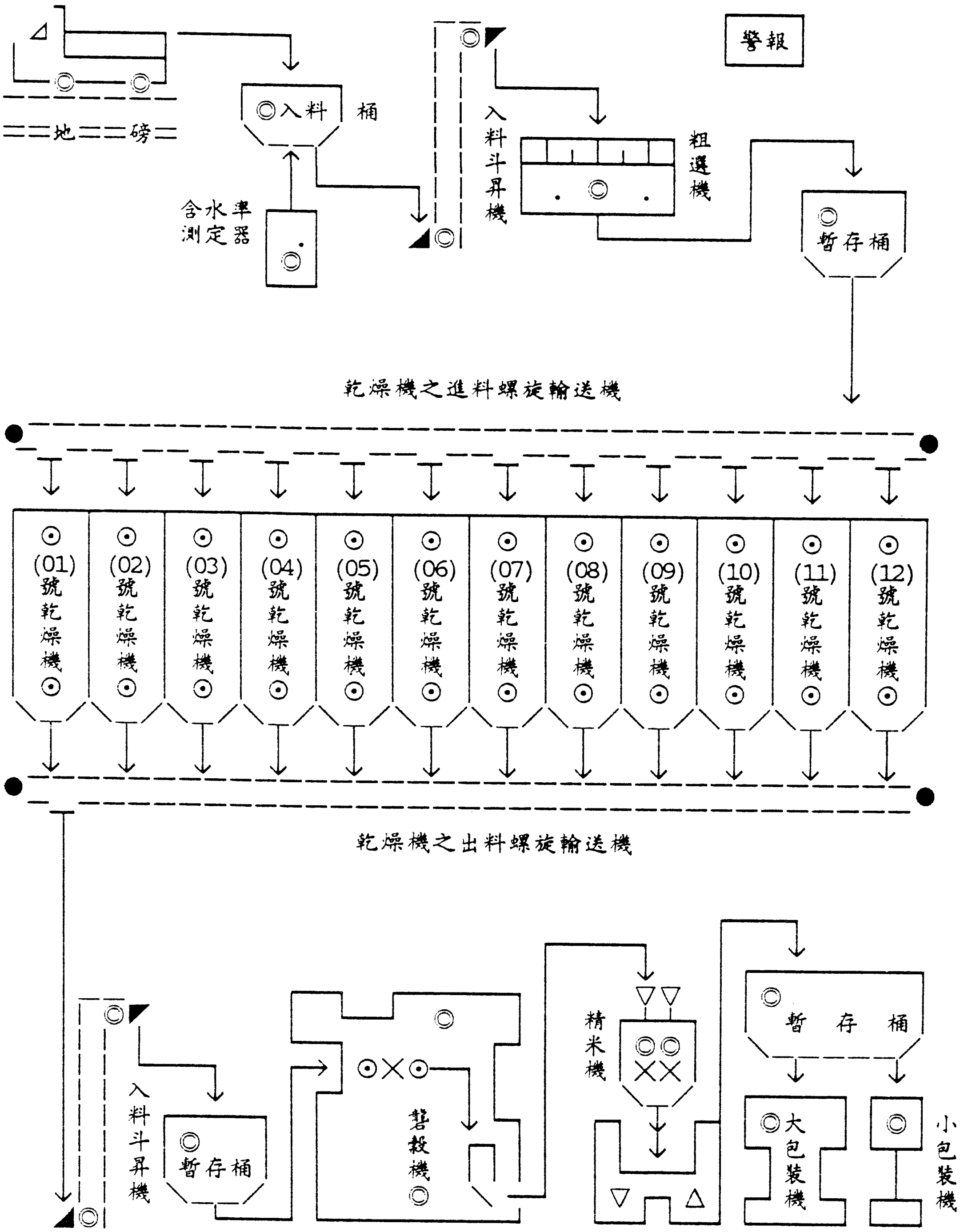
圖二



圖三：稻穀加工自動化系統之架構


地 磅
計 量 器
含 水 率
測 定 計
檢定裝置
樣品乾燥機
全自動檢定裝置
濕穀粗重
濕 穀 重
含 水 率
稻米品質
微電腦
收購憑單
各式報表
印 表 機
農民資料
交易資料

圖四：稻穀收購系統結構



圖五：稻穀加工自動化系統流程監控

表1. 可程式控制器與繼電器之比較

可程式控制器	繼電器	使用可程式控制器的優點
1.輸出與輸入關係－控制邏輯，由軟體程式決定。	輸出與輸入關係－控制邏輯，由硬體配線決定。	彈性的控制邏輯；適應未來的成長。
2.硬體部份以模組化設計。	硬體配線不具模組化設計。	具彈性，日後輸出入信號與控制邏輯的擴充、變更與維修容易，且按裝迅速，MTTR短。
3.可與電腦連線。	無法與電腦連線。	可作資料的收集與處理。
4.控制線路與邏輯和系統狀態可由印表機列印。	控制線路與邏輯和系統狀態需由人工記錄繪圖。	省時、省事
5.具備通訊網路功能。	長距離配線。	查線與維修容易，且配線費用較為低廉。
6.具自動診斷功能，	不具自動診斷功能，	安裝、試車、維護與錯誤診斷時間短而徹底，(MTTR短)。

表2. 可程式控制器與計算機之比較

	可程式控制器	計算機	使用可程式控制器的優點
語言	階梯圖語言 布林代號 功能方塊圖 英文陳述	一般電腦語言(BASIC FORTRAN,C, ASSEMBLY etc.)	與傳統控制圖形類似，無語言隔閡，學習簡單，具備控制指令，計時計數指令，算術及邏輯運算指令，資料搬移與位元處理指令等
偵錯	燈號顯示	程式檢驗	易於監視、除錯
用途	為控制而設計	一般用途(資料處理)	可在惡劣環境下工作
介面	依I/O訊號種類與規格，廠商提供各種介面模組	另外設計	以最少的時間與精神，取得自己所需的硬體系統設備
系統裝配	簡單、方便、迅速	用於控制，需具備電腦專業知識加以改裝	適合控制之需要
維護	模組化的設計	不是模組化的設計，需特殊技術	簡單
人機溝通	操作上較為直接	需加改裝或加寫軟體	就控制而言，較為親善